

ASIM-Workshop 2007

---

# Numerische Simulation von Gießprozessen

---

Dr. Robert Schneiders  
MAGMA GmbH, Aachen

Committed to Casting Excellence



# Überblick

- Gießereitechnologie
- Simulation von Gießvorgängen
- Visualisierung
- Beispiele

# MAGMA

- Gegründet 1988
- MAGMASOFT®: Simulation und Optimierung von Gießvorgängen
- Anwendung: Gießereien, Gußteilverbraucher (Automobilindustrie und Zulieferer), >900 Kunden
- Ca. 110 Mitarbeiter
- [www.magmasoft.de](http://www.magmasoft.de)

# MAGMA ... Weltweit präsent

MAGMA Gießereitechnologie GmbH  
Aachen, Germany

MAGMA Technologies A/S  
Kopenhagen, Denmark

MAGMA  
Engineering  
Korea,  
Co.Ltd,  
Seoul

MAGMA Foundry  
Technologies, Inc.  
Chicago, USA

MAGMA Engenharia  
do Brasil Ltda.  
Sao Paulo, Brazil

MAGMA  
Engineering  
Asia-Pacific,  
Pte.Ltd,  
Singapore

Committed to Casting Excellence



# MAGMA-Entwicklergruppe

- Ca. 25 Entwickler, darunter 7 Mathematiker, 5 Physiker, 5 Ingenieure, 3 Informatiker
- Engineering-Gruppe (20 Mitarbeiter)
- Aktuell: 3 offene Stellen in der Solver-Entwicklung (Strömung, Micro-Modelling, Mehrphasen-Strömung), 2 in der Engineering-Gruppe
- [www.magmasoft.de](http://www.magmasoft.de)

# Gießen – eine alte Technologie



[www.kunst-guss-gips-bronze.de](http://www.kunst-guss-gips-bronze.de)

Committed to Casting Excellence

**MAGMA**

# Gießen – eine alte Technologie



Committed to Casting Excellence

**MA MA**

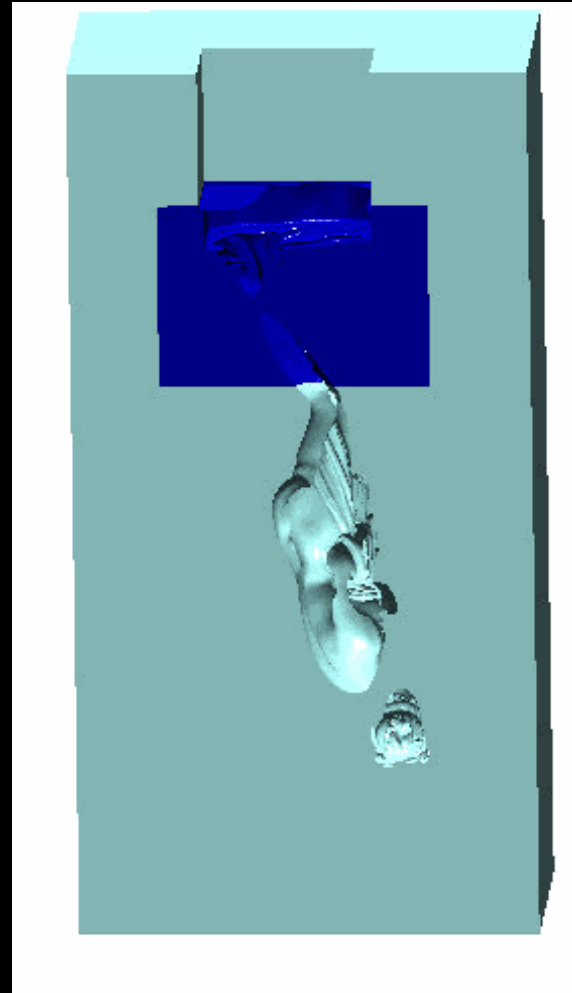
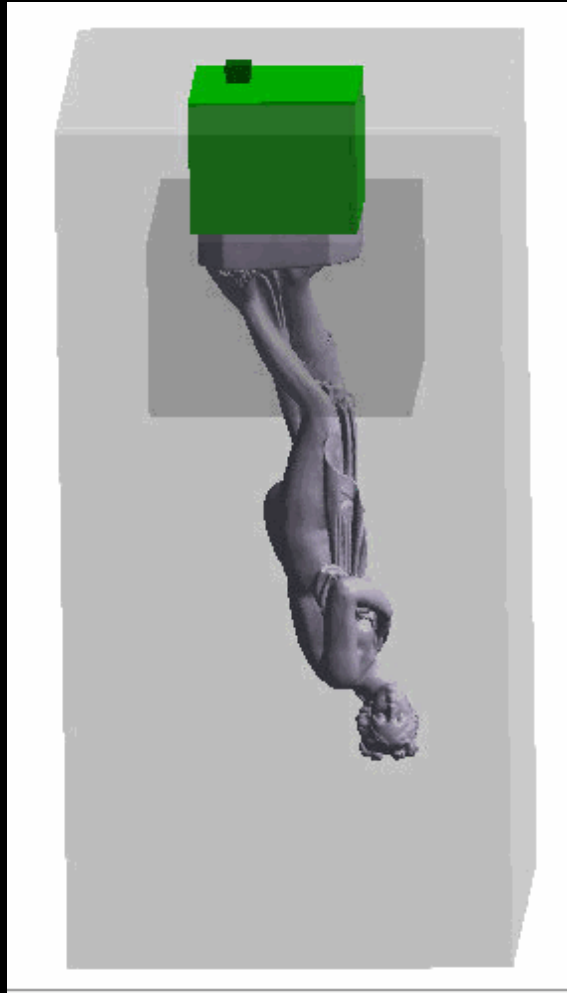
# Ein Beispiel



- Virtuelles Gießen einer Bronzefigur
- Quelle: L. Kobbelt, RWTH Aachen
- STL-Modell



# Gussform



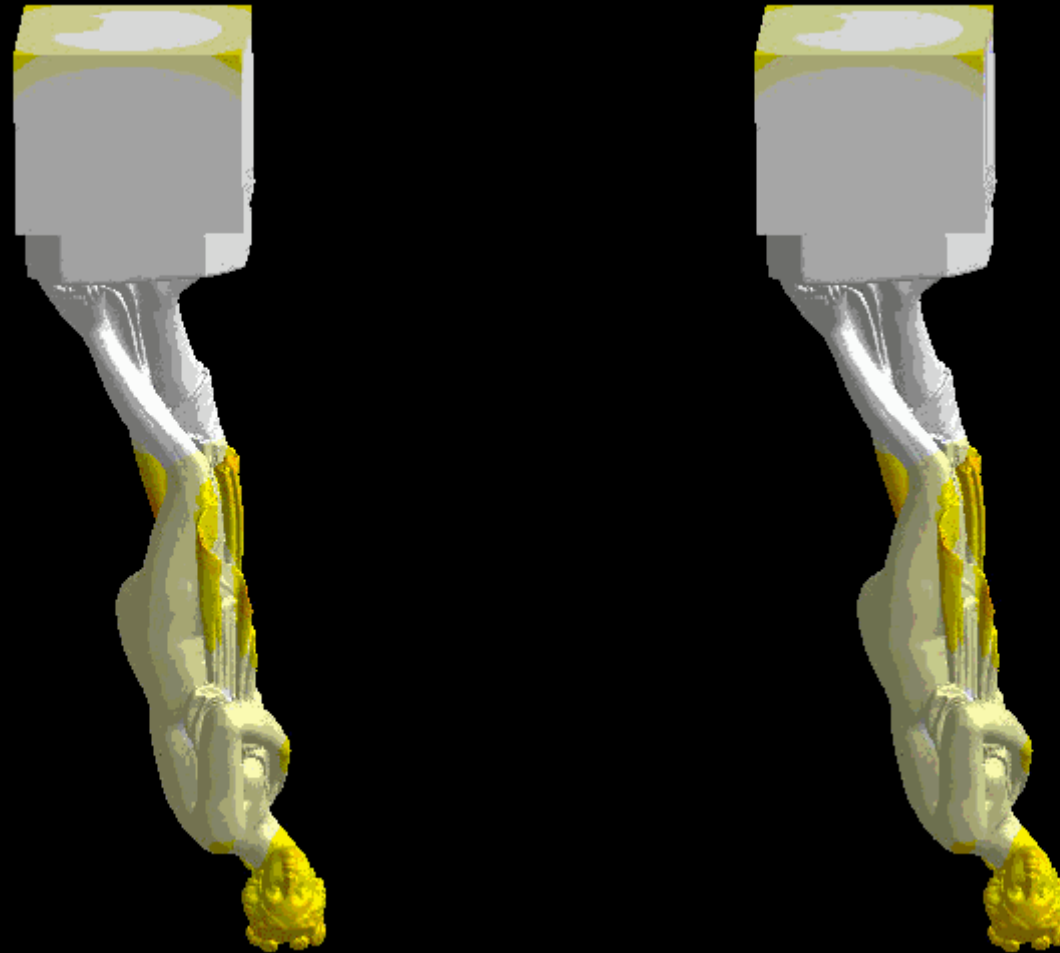
Committed to Casting Excellence

# Formfüllung

Ziel:  
Gleichmäßige  
Formfüllung



# Abkühlung – Erstarrung



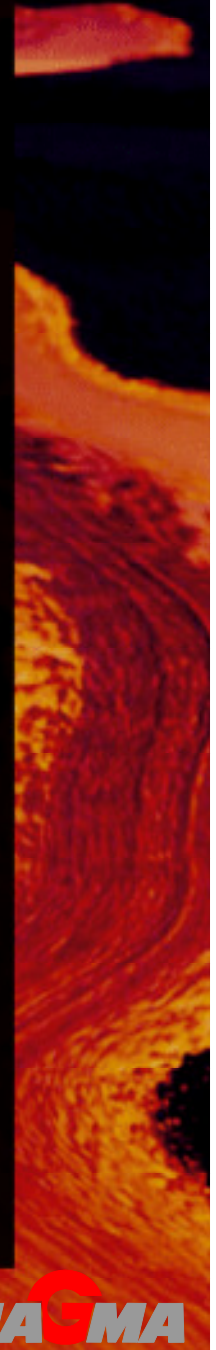
Ziel:

Wärmezentren im Gussteil vermeiden!

# Gussteileigenschaften

Porositäten  
(Lunker)

Mechanische  
Eigenschaften  
Härteverteilungen  
Lebensdauer

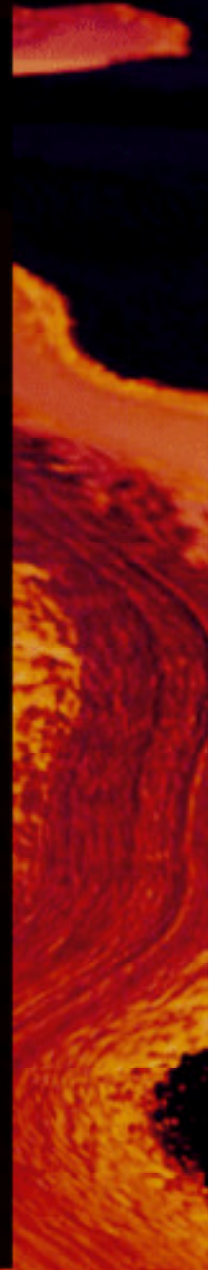


# Eigenstressen – Verzug

Abkühlung induziert  
Eigenstressen

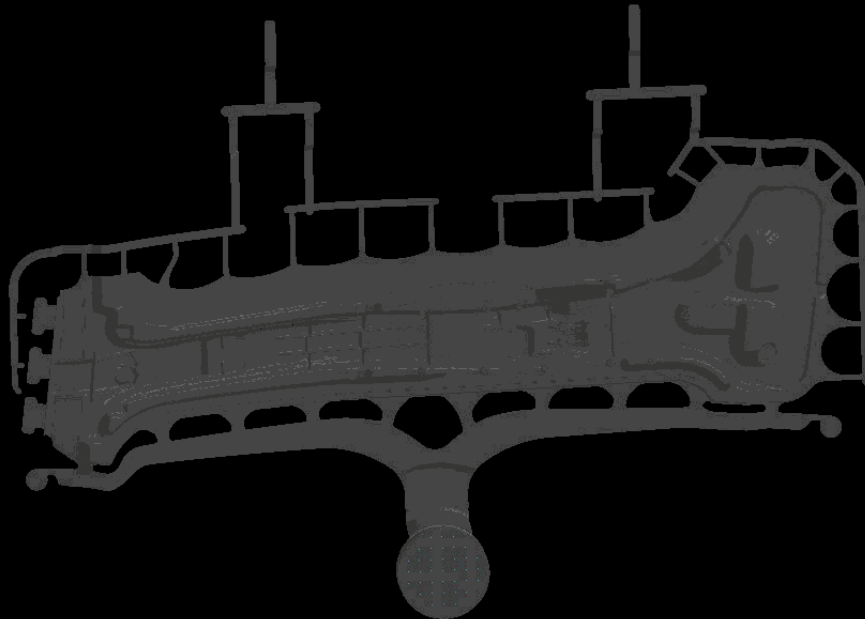
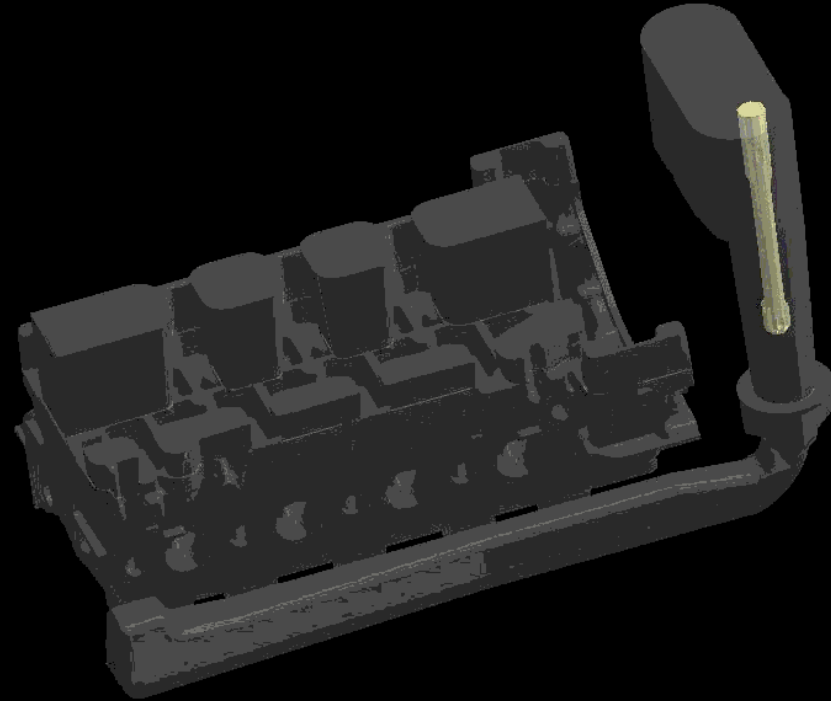
Dargestellt:  
Verzug über die Zeit  
(überhöht)

Rissbildung



# Industrielle Praxis

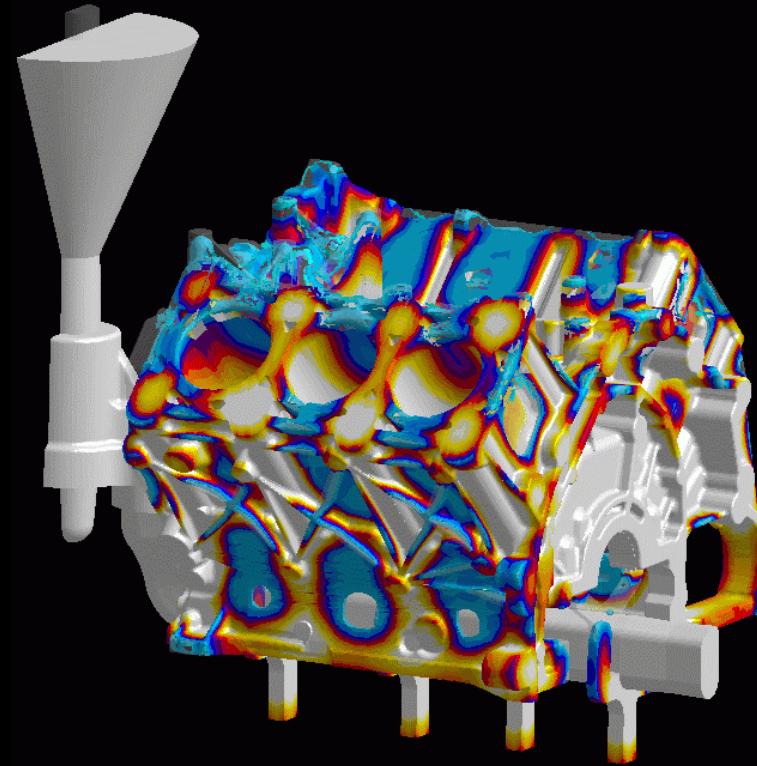
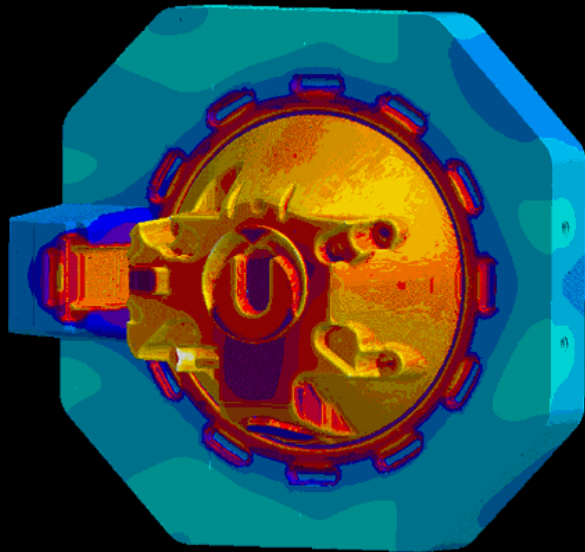
- Formfüllsequenz
- Strömungsfeld, Geschwindigkeit und Druck in der Kavität
- Verlust von Überhitzung und Temperaturverteilung in der Schmelze



- Lufteinschlüsse, Entlüftungsbedingungen
- Kaltlauf und unvollständige Formfüllung

# Abkühlung und Erstarrung

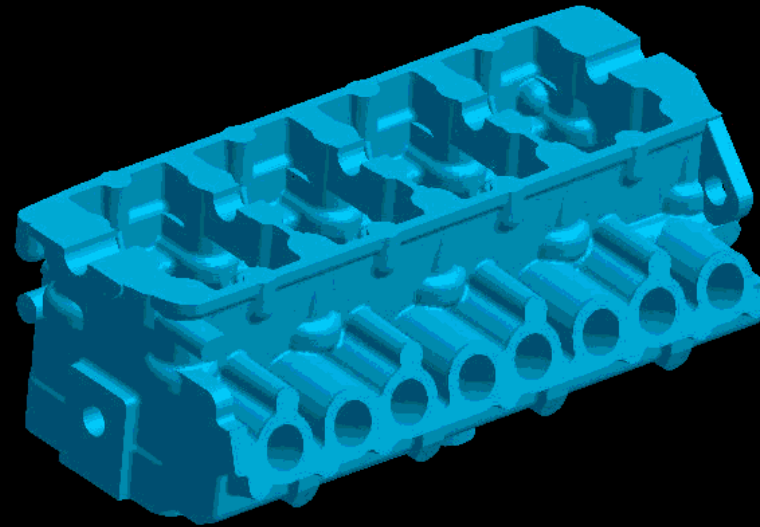
- Erstarrungsverlauf und Speisungszonen
- Gußfehler (Porosität)
- Mikrostruktur und mechanische Eigenschaften



- Wärmebilanz der Werkzeuge
- Optimierung der Zykluszeiten

# Eigenstressen

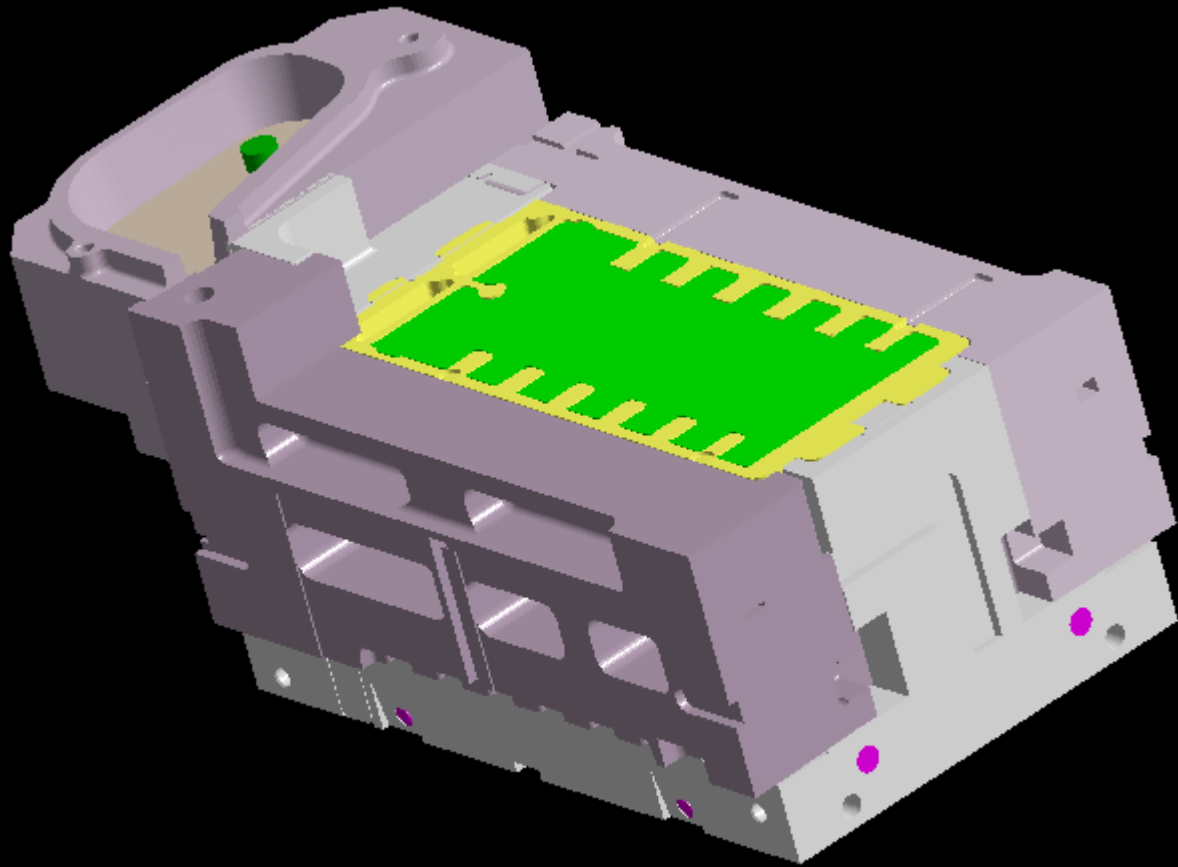
- Spannungs- / Dehnungsverteilung in Gussteil und Werkzeug
- Gussteilanalyse und Werkzeugverzug



- Warmrisserkennung in Gussteilen
- Rissvorhersage im Werkzeug



# Gießsystem - Zylinderkopf



Committed to Casting Excellence



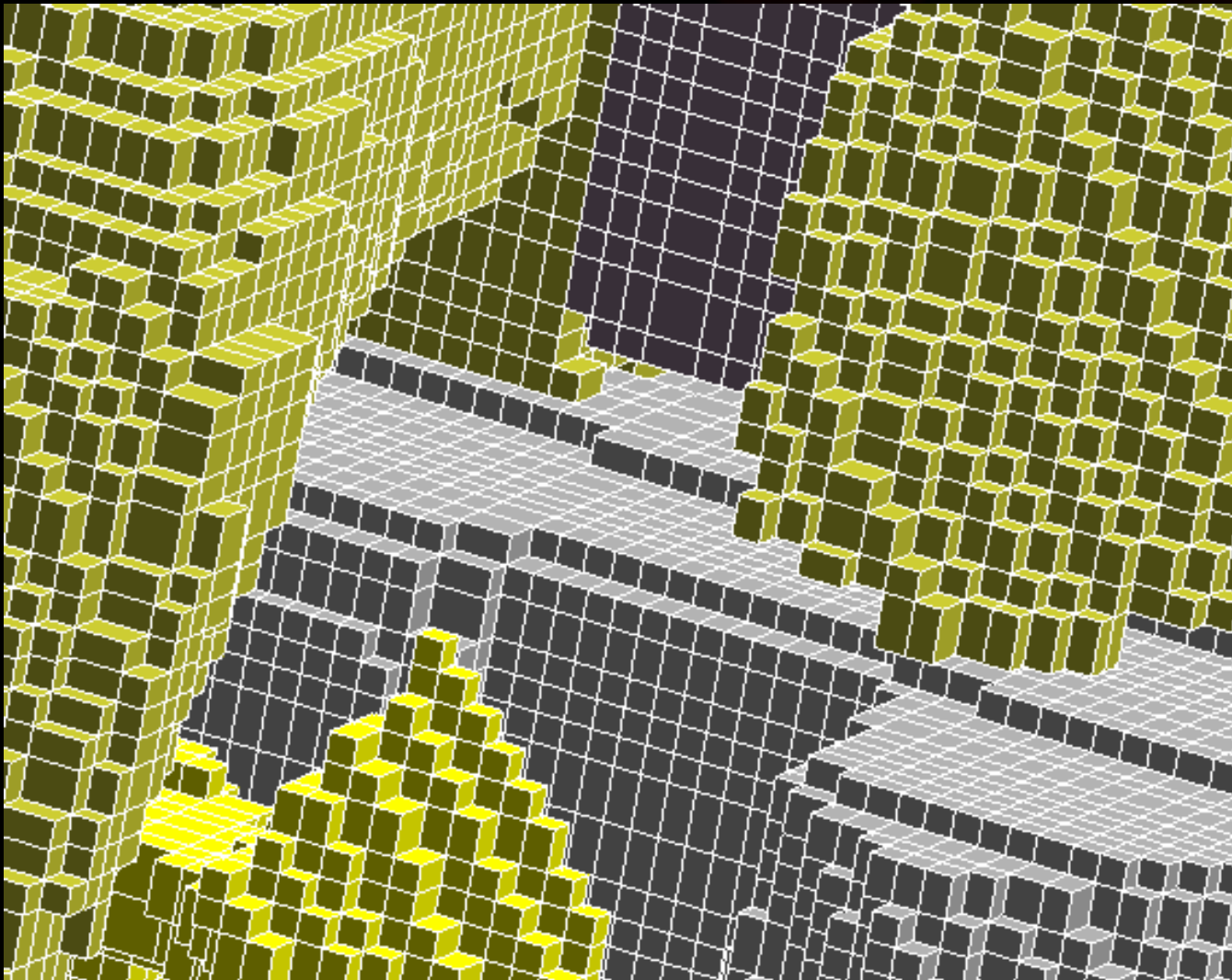
# Herausforderung Simulation

- Sehr komplexe Geometrien
- Komplexe physikalische Prozesse
- Forderung: Kurze Turn-Around-Zeiten
- Einfach zu bedienendes Programm

➔ Problem: Netzgenerierung!

Priorität: Benutzerfreundlichkeit

# Kartesische Vernetzung

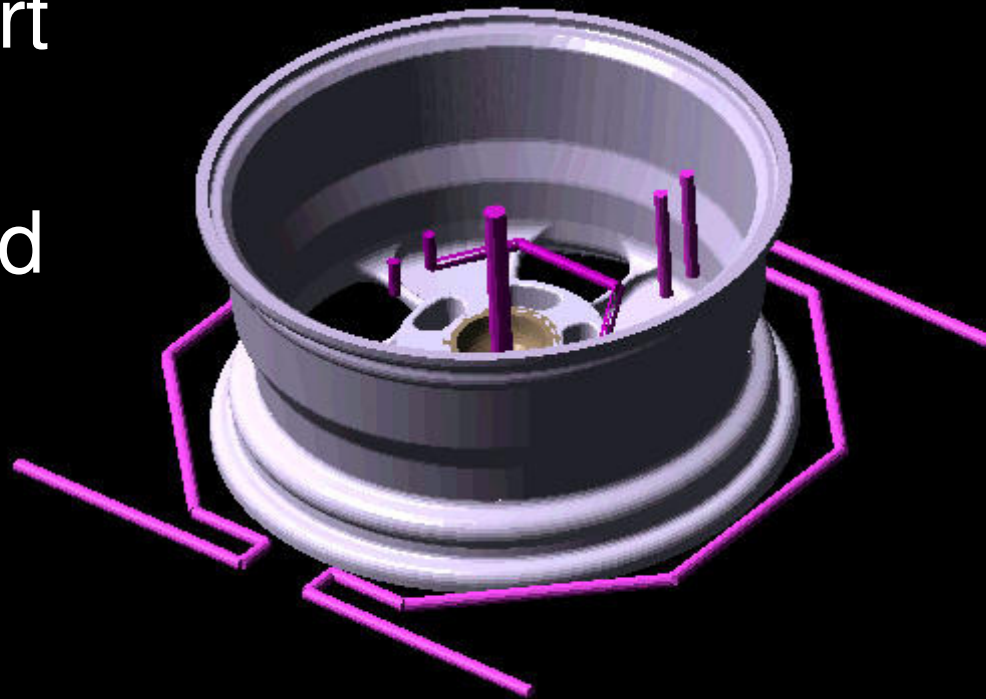


Committed to Casting Excellence



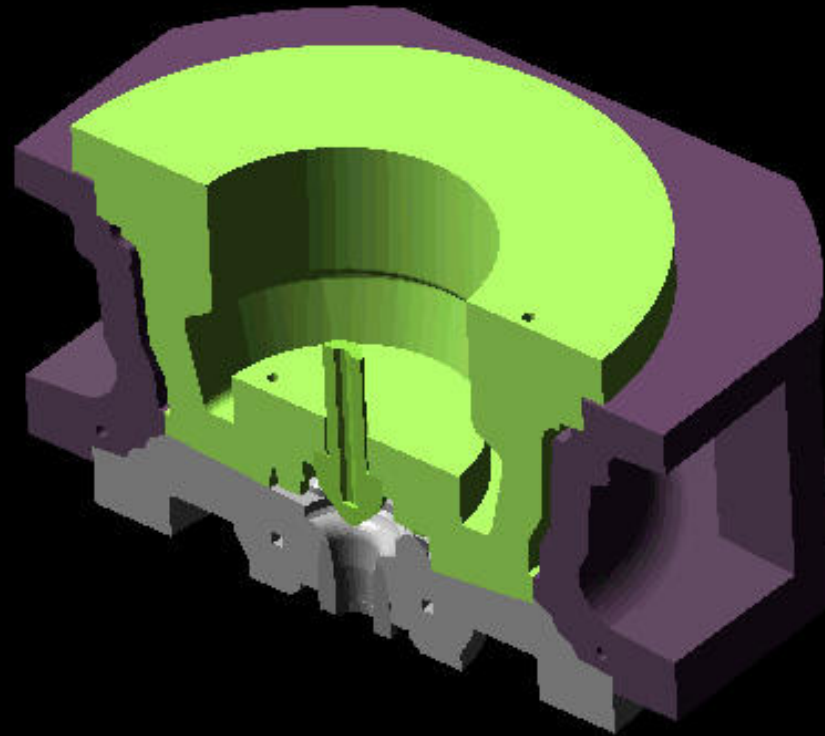
# Preprocessing

- Modellaufbau oder -import (STL)
- Gussteil und Kühlung



# Gussform

- Form: „Negativ“ des Gussteils
- Schleifende Schnitte, Lücken, Überlagerungen



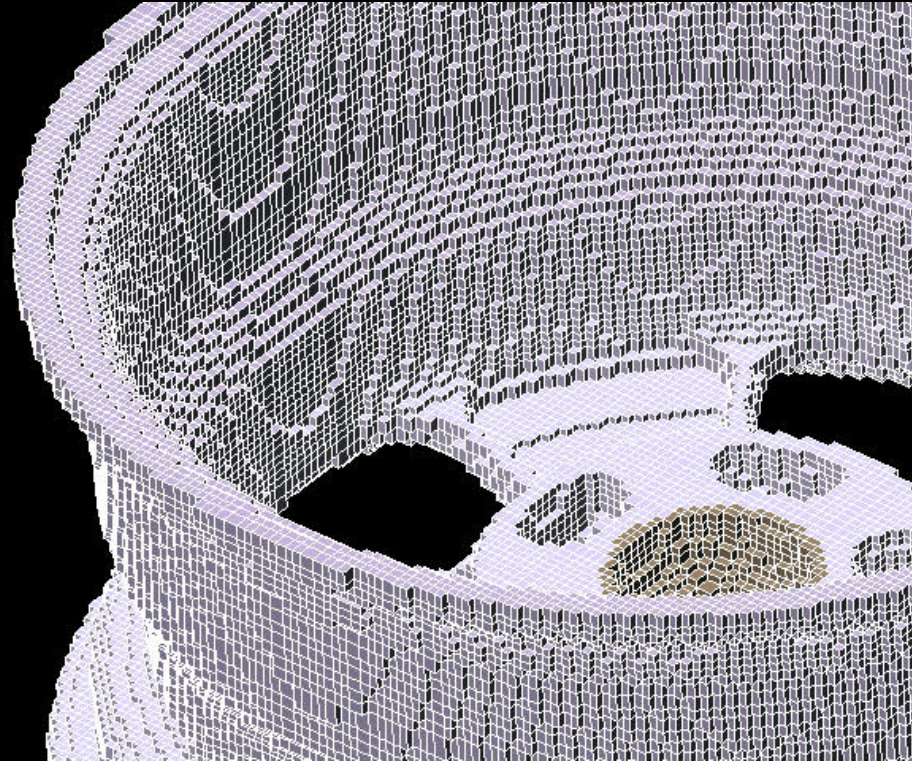
# Datenstrukturen

- Triangulationen
- 75.000 Dreiecke
- Oft  $\geq 1$  Mio. Dreiecke
- Hohe Grafiklast!



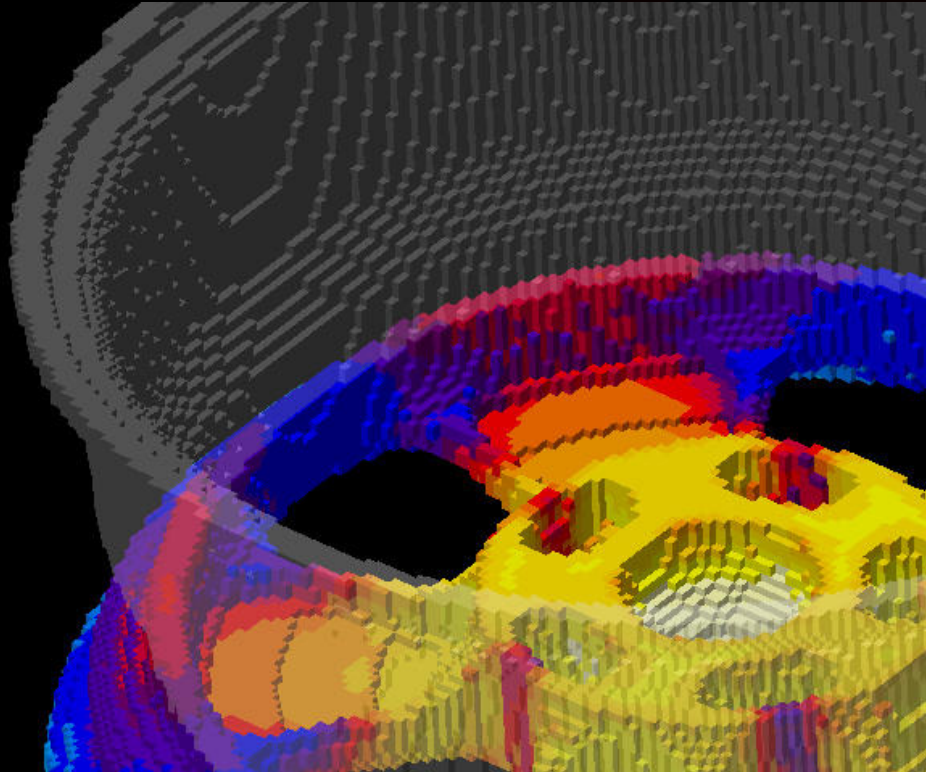
# Automatische Vernetzung

- Kartesisches Netz (Gußteil und Form)
- Automatische Netzgenerierung
- 2 Mio. Elemente
- Oft mehr als 100 Mio. Elemente



# Formfüllung - MAGMAfill

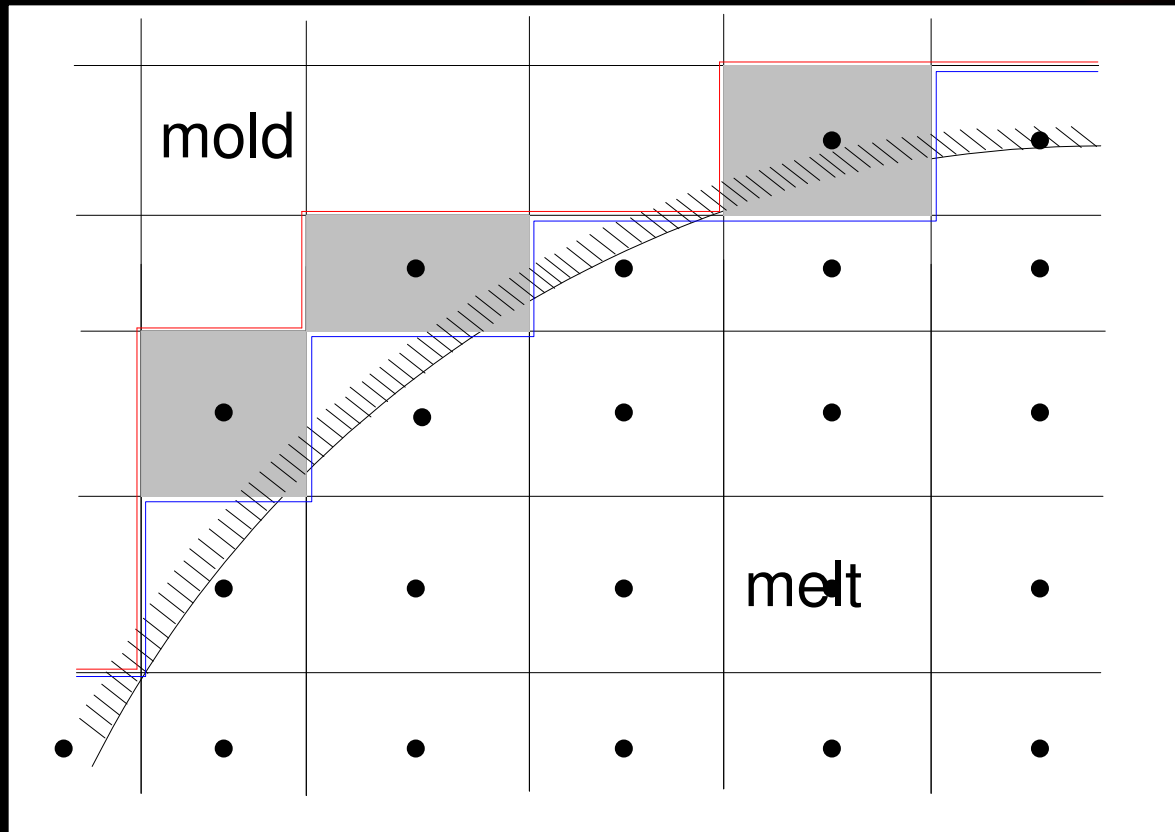
- Navier-Stokes-Gleichungen
- Thermische Energiegleichung
- Freie Oberfläche
- Finite-Volumen-Verfahren, VOF-Methode
- Parallelisiert





# Randproblematik

## – Cartesian Cut-Cell Technique (CCCT)



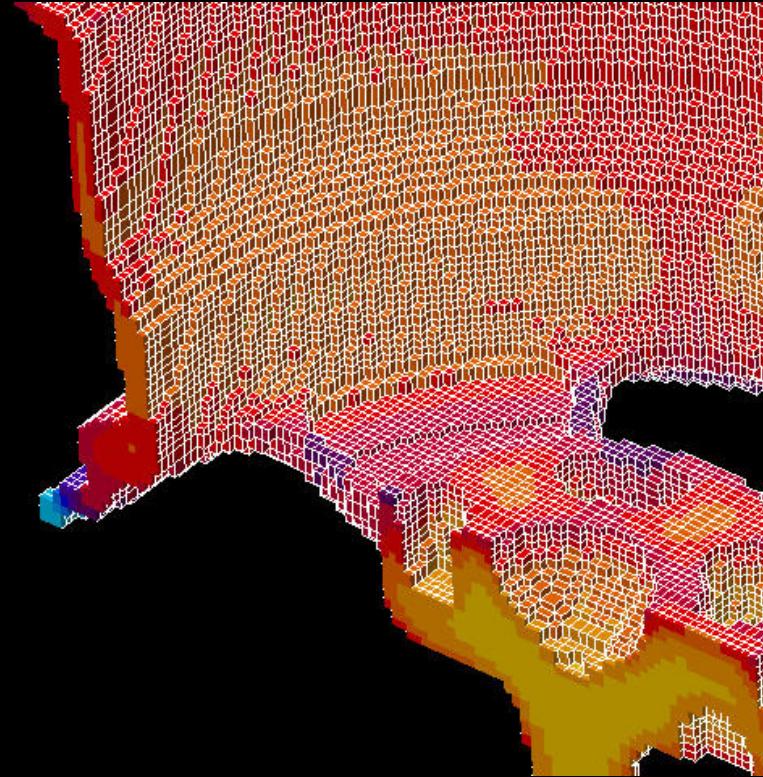
Lipinski 2005

Committed to Casting Excellence

MA<sup>3</sup>MA

# Erstarrung - MAGMASolid

- Energiegleichung
- Dargestellt:  
Temperaturen
- Phasenübergang  
flüssig-fest
- Parallelisiert
- Kopplung z.B. mit  
Crashsimulation

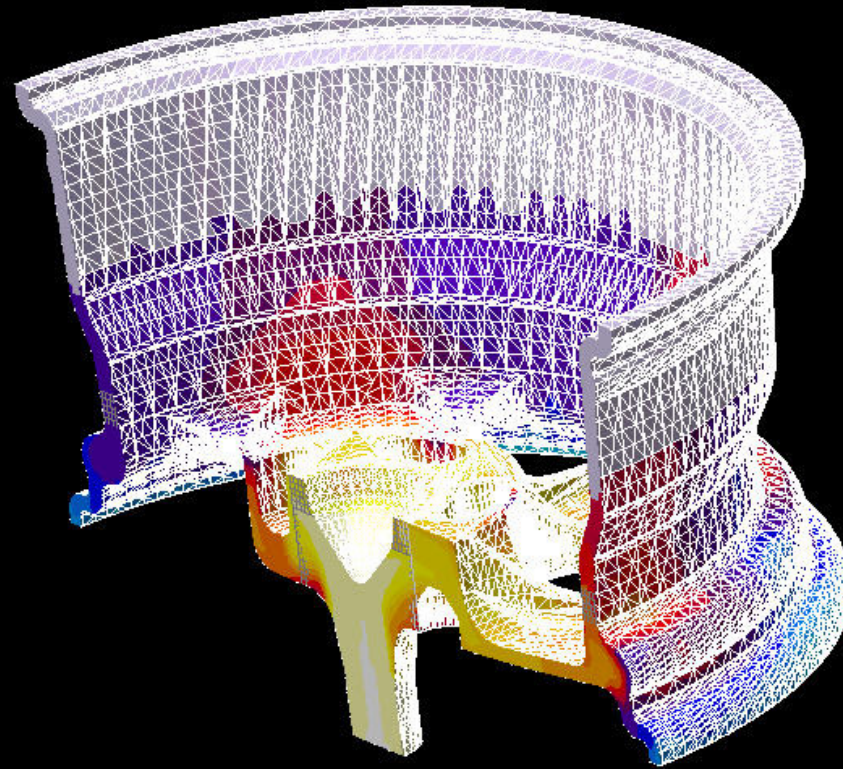


# Spannungsberechnungen

- Eigenspannungen
- Verzug
- Verschiedene Materialmodelle
- Gießprozeß
- Wärmebehandlung
- Kontaktmodelle
- Basis für Lebensdauerberechnung

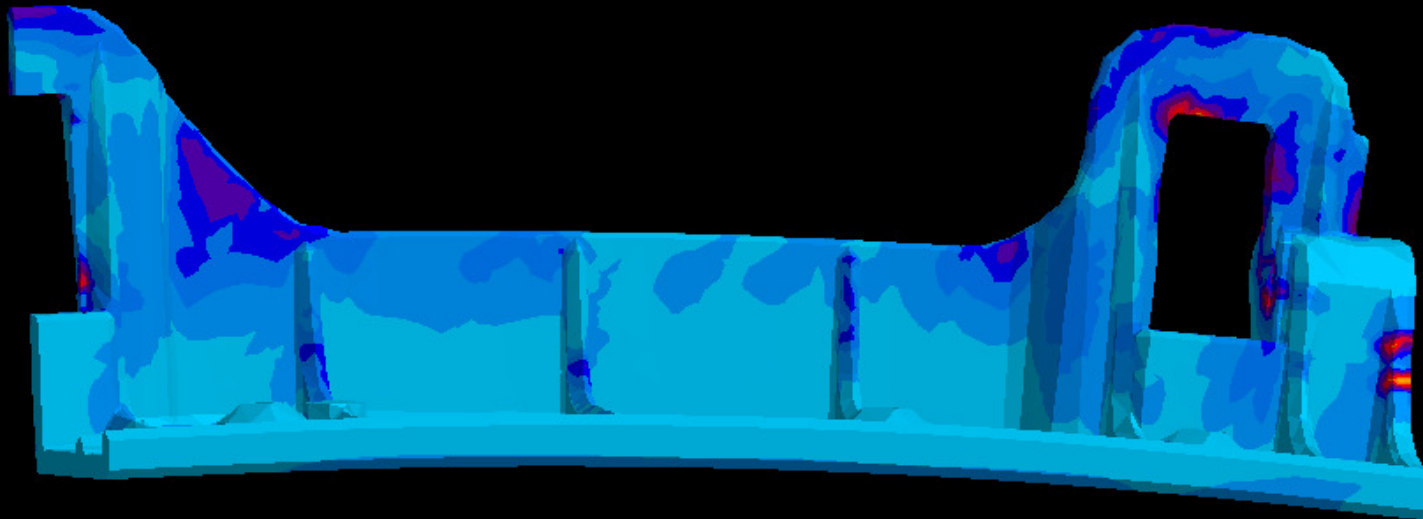


# Postprocessing



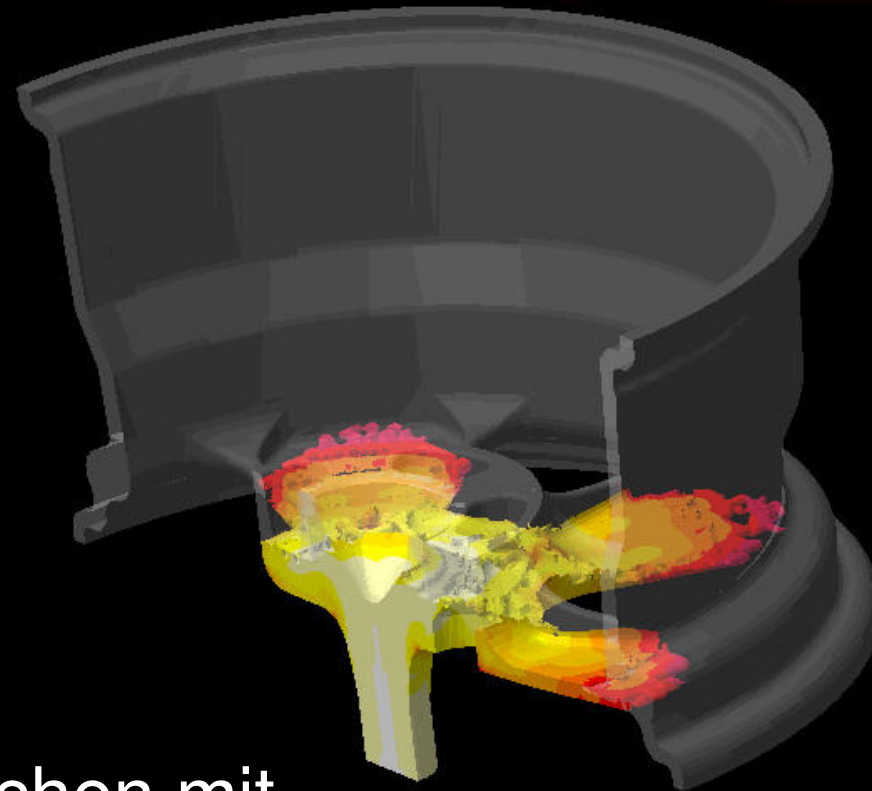
- Darstellung auf CAD-Daten

# Verzug auf Geometrie



- Export zum Vergleich mit realem Modell
- Problematik: Ausmessen
- Lebensdaueranalyse

# Freie Oberfläche



Darstellung von Isoflächen mit  
CAD-Geometrie

# Animation

- 40 Ergebnisse
- Anzahl Flächen:  
5 Mio.



# Simulation in der Gießerei

- Formfüllung, Erstarrungsverlauf, Verzug
- Wie vermeide ich Kaltläufe?
- Gibt es Lufteinschlüsse?
- Erhalte ich Porositäten?
- Rissbildung?
- Gussteileigenschaften

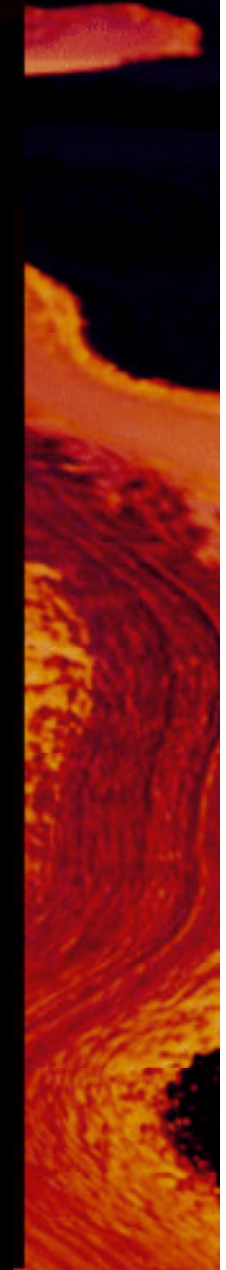
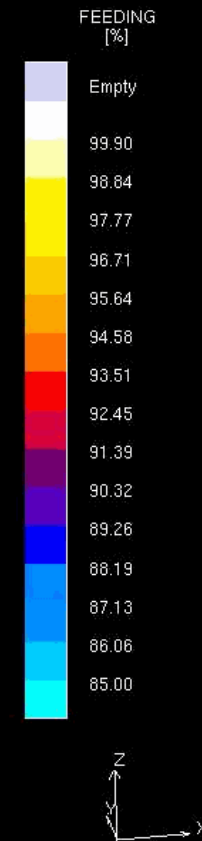
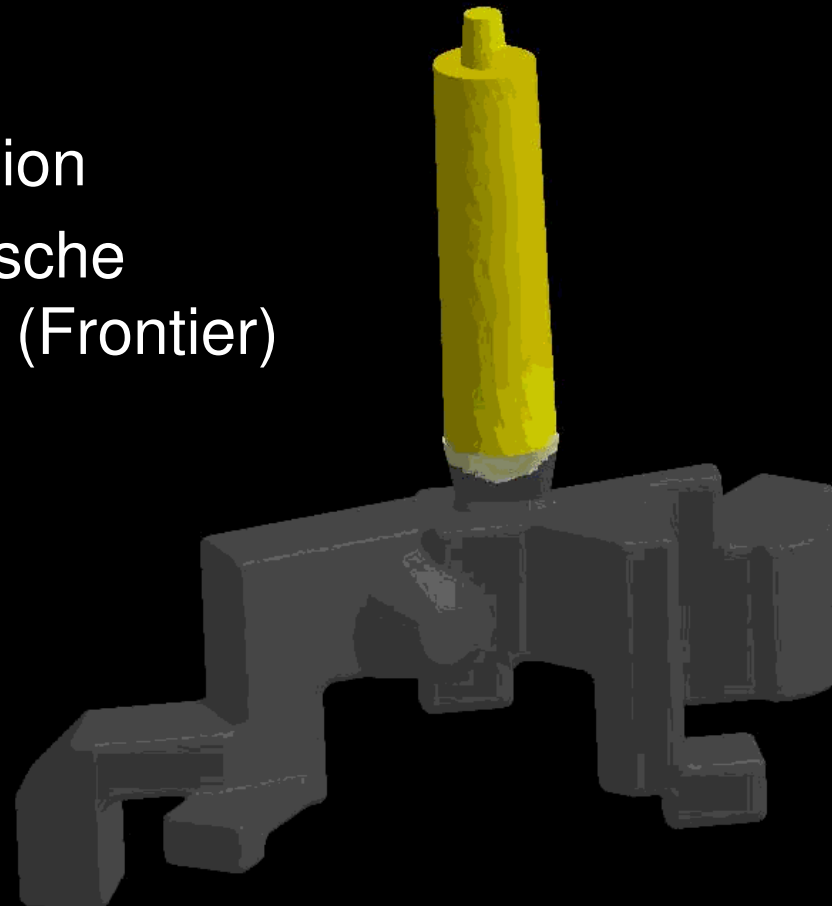


# Simulation in der Gießerei

- Ist ein Teil rentabel zu fertigen?
- Welche Stückzahlen kann ich in einer bestimmten Zeit produzieren?
- Ziel: Einfach zu bedienendes Werkzeug zur Optimierung von Prozessen in der Produktion!
- Mit bestimmtem Aufwand möglichst viel Information erhalten!

# Optimierung mit MAGMAfrontier

- Ziel: Porositätsvolumen minimieren
- Parameter: Speiserposition
- Kombinatorische Optimierung (Frontier)

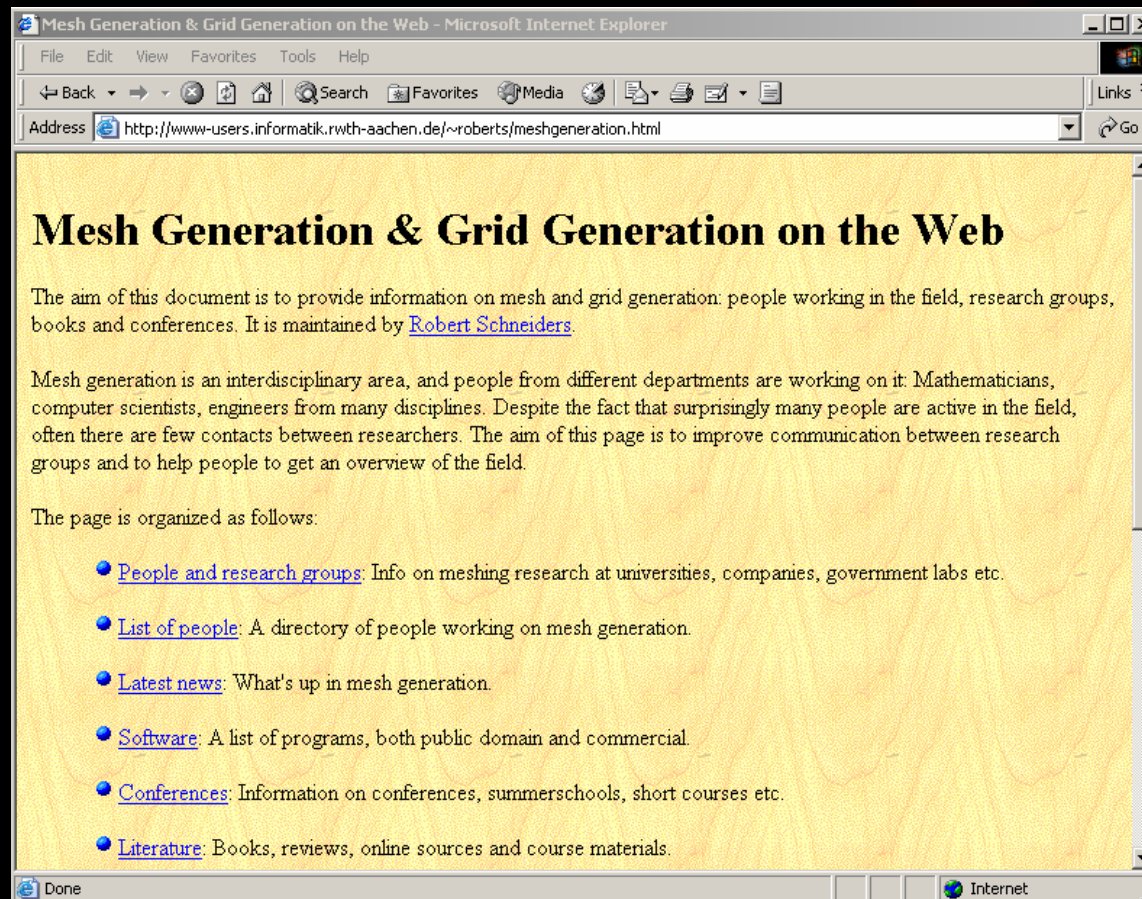


# Informatik und Simulation

- Algorithmen (Grafik, Geometrie)
- Parallelisierung
- Programmieren im Großen
- Softwarearchitektur:
  - Sandguss, Druckguss, Thixo, ...
  - Kunststoff (SIGMAsoft)
  - Konstrukteure, Giesser, ...
  - Forschung, Arbeitsvorbereitung, ..

→ Angepasstes GUI!

# Netzgenerierung



Any suggestions, hints etc. are welcome!